

重力場と遠心力場における飽和砂地盤への空気注入実験

愛媛大学大学院	学生会員	○五十嵐 ひろ子
中国地方整備局	正会員	河内 義範
愛媛大学大学院	正会員	岡村 未対
愛媛大学	非会員	石丸 恭平

1.はじめに

土の液状化強度は、飽和度が低下すると著しく増すこと¹⁾が知られており、地盤を不飽和化することができれば有効な液状化対策となり得る。地盤を不飽和化させる方法の一つとして、地盤内に空気を注入する方法がある²⁾。本研究では、飽和地盤に空気を注入したときに不飽和化される範囲とそこでの飽和度分布を土槽実験によって調べた。また、この土槽実験を対象とした遠心模型実験(modeling of models)を行い、その妥当性を検証した。

2.実験方法

実験に用いた試料は 8 号硅砂にファインサンド(硅砂を粉砕した非塑性シルト)を重量比 2:1 に混合したもの(以下混合砂と称する)である。混合砂の水分特性曲線を図 1 に、粒径加積曲線を図 2 に示す。空気侵入圧が約 10kPa、細粒分含有率が約 40%の試料である。土槽実験では幅 172cm、奥行き 6cm の土槽内に水を加えてスラリー化した試料を水中落下させ層厚 60cm の地盤を作製した。図 3 に模型の概要を示す。TDR 水分計を地盤内の 3 深度に 13 本設置し、地盤表面には 50kPa の上載圧を与え、模型地盤中央底部に設置した空気注入口より空気を注入した。空気注入口は幅 2mm のスリットに砂の浸入防止のためのステンレスメッシュを貼り付けたものであり、奥行きの長さは土槽の奥行きと同じである。遠心模型実験では幅 31cm、奥行き 12cm の土槽を用い、層厚が土槽実験の 1/6(10cm)となる地盤を作製した。地盤内に TDR 水分計(A, B)を 2 深度に設置した。遠心模型を図 4 に示す。6g の遠心加速度場にて約 15kPa の上載圧となる重りを表面に載せ、6g 場にて模型地盤中央部の空気注入口より空気を注入した。ここでも空気注入口のスリット幅は 2mm で、奥行きは土槽の奥行きと同じである。上載圧は空気注入による地盤の割裂を防ぐために付与している。土槽実験と遠心実験では 50kPa と 15kPa とで異なるが、ともに割裂を防ぐためには十分な圧力である。また、注入口のスリット幅が遠心実験で土槽実験の 1/6 になっていないが、予備実験において注入口面積を 5 倍変えて実験を行い、スリット幅が空気流量や地盤の飽和度に及ぼす影響は小さいことを確認してある。

実験は段階的に注入空気圧を大きくして空気注入を行った。

3.土槽実験結果

土槽実験における注入空気圧、流量、TDR 水分計の経時変化を図 5 に示す。注入空気圧は付与した空気圧力から注入口の深度での静水圧を引いたものである。注入空気圧が試料の空気侵入圧にほぼ等しい約

キーワード： 遠心力模型実験、飽和度、空気注入

連絡先：〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番 tel 089-927-9820

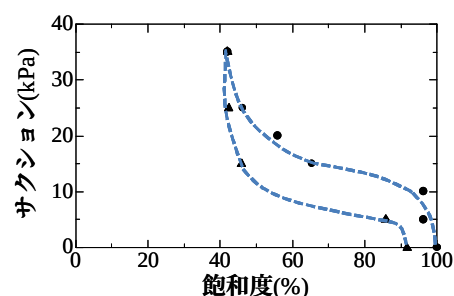


図 1 水分特性曲線

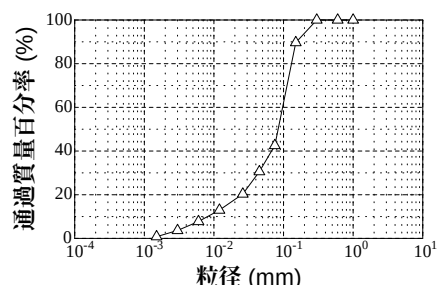


図 2 粒径加積曲線

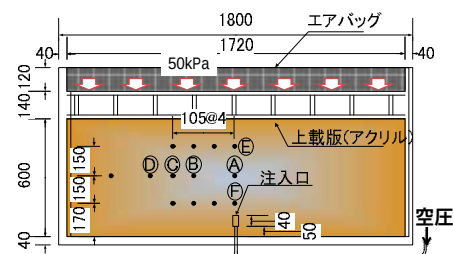


図 3 土槽実験の地盤

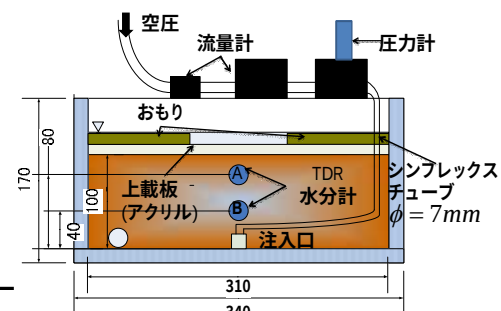


図 4 遠心実験の地盤

10kPa となった時点から地盤内に空気が入り始め、その後、注入空気圧の増加とともに空気流量も増加し、飽和度は低下した。流量は土槽の奥行きで除した単位奥行きあたりの流量で、大気圧における体積に換算したものである。何れの注入圧力段階においても、流量は時間とともにわずかに増加するか、あるいは一定であった。

4. 遠心模型実験結果

遠心模型実験での空気注入による注入空気圧、流量、TDR 水分計の経時変化を図 6 に示す。土槽実験と同様に、注入空気圧の増加とともに流量が増加し飽和度が低下した。地盤上部の TDR-A が下部の TDR-B より飽和度の低下が顕著である。

図 7 は空気流量と注入空気圧の関係を土槽実験と遠心模型実験で比較したものである。流量は圧力の増加とともに概ね直線的に増加し、土槽実験と遠心模型実験の結果は概ね一致している。ここで、同じ土質材料で作成した ng 場における遠心模型と原型との空気流量に関する相似則を考えると、注入口での圧力 Δp が同じく、空気の流れる距離は n 倍異なり、また透気係数も同じであるから、流速は $v_m = nv_p$ となる。地盤内に空気の流れる範囲も相似であると仮定すると、その大きさは n 倍異なり、単位奥行きあたりの流量は遠心模型と原型で一致することになる。図 7 に示した結果より、流量に関して今回の遠心模型は土槽実験を適切にモデル化したものとなっていることがわかる。

図 8 は TDR で計測した飽和度と注入空気圧の関係を土槽実験と遠心模型実験で比較したものである。注入空気圧が大きくなると、飽和度が低下した。地盤下部の TDR では重力場と遠心力場で同程度の飽和度を示したが、地盤上部では遠心力場での飽和度が重力場に比べ低くなった。ここで遠心模型実験では飽和度を 2 深度でしか計測することができておらず、不飽和化された範囲の水平方向の広がりも明確なものとなっていない。その為、今回の実験結果だけでは空気注入による不飽和化領域の重力場と遠心力場での違いを正確に比較することが出来ているとは言い難く、TDR 計の設置箇所を増やし、さらに検討する必要があると考えられる。

5. まとめ

本研究では重力場で空気を注入し、それを 1/6 に縮尺した遠心模型土槽を 6g の遠心加速度を付与して飽和地盤に空気を注入した。注入空気圧による単位奥行きあたりの流量が重力場、遠心力場においてほぼ等しい値となり、相似則を満足する結果となった。しかし、不飽和化された範囲、飽和度の低下を明らかにするには至らず、TDR 計での計測箇所を増やし、さらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) Yoshimi, Y., K. Tanaka and K. Tokimatsu : Liquefaction Resistance of A Partially Saturated Sand, SOILS AND FOUNDATIONS Vol.29, No.3, pp.157-162, 1989
- 2) 岡村未対：空気注入による安価な液状化対策工法，土と基礎，Vol.54, No.7, pp.28-30, 2006

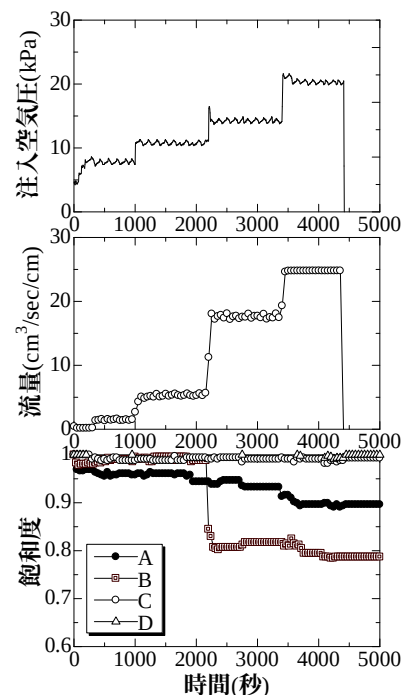


図 5 空気注入による経時変化 (土槽実験)

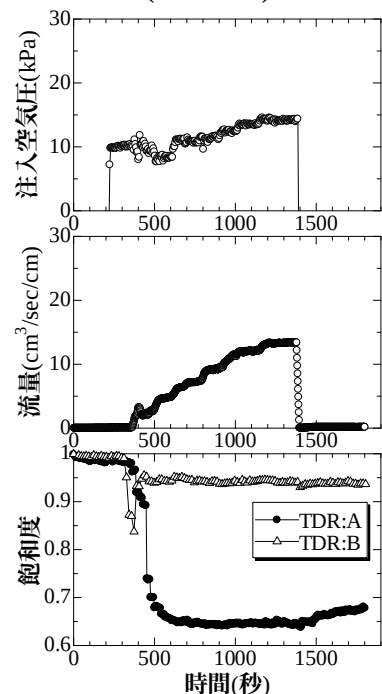


図 6 空気注入による経時変化 (遠心実験)

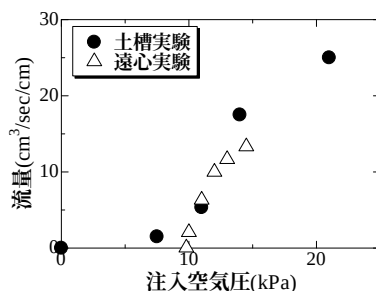


図 7 流量と注入空気圧の関係

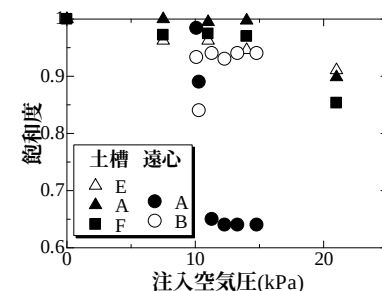


図 8 飽和度と注入空気圧の関係